

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

CFA00040
US

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 Date of Application: 2002年12月16日

出願番号 Application Number: 特願2002-363916

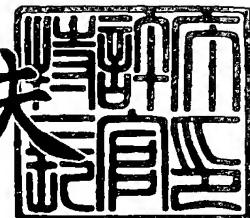
[ST. 10/C]: [JP2002-363916]

出願人 Applicant(s): キヤノン株式会社

2004年1月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【整理番号】 251107
【提出日】 平成14年12月16日
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 G06F 17/50
【発明の名称】 最適設計方法
【請求項の数】 1
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 鷲澤 輝芳
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 浅井 朗
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 新庄 克彦
【発明者】
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内
【氏名】 立原 昌義
【発明者】
【住所又は居所】 埼玉県朝霞市幸町2丁目11番3号
【氏名】 吉川 暉宏

【特許出願人】

【識別番号】 000001007
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】 キヤノン株式会社
【代表者】 御手洗 富士夫

【代理人】

【識別番号】 100090538
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会社
内

【弁理士】

【氏名又は名称】 西山 恵三
【電話番号】 03-3758-2111

【選任した代理人】

【識別番号】 100096965
【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤノン株式会
社内

【弁理士】

【氏名又は名称】 内尾 裕一
【電話番号】 03-3758-2111

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 011224
【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1
【物件名】 図面 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9908388
【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 最適設計方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】 設計変数ベクトルをパラメタとして状態変数ベクトルに対する第1の評価関数の最適化問題を解く第1の求解工程と、

前記第1の求解工程で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトルとに対する第2の評価関数の最適化問題を解く第2の求解工程と、

前記設計変数ベクトルより、前記第2の評価関数に寄与しない構造要素に対応する成分を消去する消去工程とを備えることを特徴とする最適設計方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、設計パラメタの最適化問題の解法に関し、特に構造部材のトポロジーを含む形状最適化のための自動設計技術に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

構造トポロジー最適設計とは、与えられた条件の下で最適な、構造部材のトポロジーおよび形状寸法を決定する問題である。以下、構造部材のトポロジーおよび形状寸法を設計変数といい、上記決定問題を設計変数最適化問題という。変数といいう理由は、トポロジーおよび形状寸法が3次元空間の関数になっているからである。

【0003】

設計変数最適化問題では、各設計変数の値に対して、状態変数の最適化問題を解かなければならない。この意味から、構造トポロジー最適設計は、内側に状態変数の最適化問題、外側に設計変数の最適化問題を持つ、2重構造最適化問題と捉える事が出来る。内側の状態変数最適化問題では、従来技術の蓄積により、空間を有限個の要素に分割するという考え方が採用される。

【0004】

特に構造部材の歪エネルギーを評価汎関数としている問題では、その解析手法

として有限要素法が一般的である。有限要素法の解法としては一次方程式に対する直接法が採用されている。一方、設計変数の最適化問題に対しては、大別すると、以下に示す3種類の方法が提供されている（〔文献1〕或いは〔文献2〕）：

1. Evolutionary法（以下、E法）
2. Homogenization法（以下、H法）
3. Material distribution法（以下、MD法）

E法では、空間を分割することによって得られる部分空間のそれぞれをセルと称し、その生成と消滅を適当な規則によって繰り返す。構造部材は、最終的に存在しているセルの集合として与えられる。セルが存在するか否かという2つの状態のみを許すことにより、明確な構造部材が得られる。また、評価汎関数の微分情報を用いないので、局所最適解にトラップされないことから、評価汎関数が多峰性の場合に有効である。

【0005】

〔文献3〕では、E法の一種である遺伝的探索法を用いた骨組構造部材の最適化設計装置が提供されている。この最適化設計装置では、骨組部材断面寸法などの離散設計変数データの近似式を使用する近似最適化計算装置と、該設計変数データを使用する詳細最適化計算装置を設け、これら2つの計算装置を結合して、膨大な設計変数が存在する実設計問題に対応することが出来るようにしている。

【0006】

H法は、分割された各部分空間に位置する構造要素に、更に微細な構造を仮定し、連続値を取る設計変数を新たに導入することによって、感度解析の採用を可能にしている。ここで感度解析とは、設計変数に関する評価汎関数の微分情報を利用した解析手法のことであり、感度解析が可能になれば、勾配法のような反復解法を用いることが出来、E法のような総当たり的手法に比べて、少なくとも局所最適解の探索に掛かる計算時間は大幅に短縮される。

【0007】

MD法は、構造部材の存在確率を示す0から1の範囲の実数を各要素に割当することによって、構造部材のトポロジーや形状寸法変化を表現する方法である。

構造部材が存在するか否かという離散的な情報を存在確率という連続値に置き換えることによって感度解析を可能にしたという意味でH法と同様のものであるが、H法よりパラメタ数が少ない分、モデル化が容易であり適用範囲も広い。

【0008】

〔文献5〕にはMD法による構造物の位相最適化手法が開示されている。本手法の特徴は以下のとおりである：

(1) ボクセル有限要素法（空間を等間隔に分割）を用いているため、あらゆる要素に対する要素剛性マトリクスが同じである。従って、要素剛性マトリクスを予め1度だけ計算しておけば、以後の計算に利用できる。更に、要素が規則正しく配置されているため、各要素の節点番号情報を記憶する必要がない。

【0009】

(2) 大規模連立一次方程式を解くために、前処理付共役勾配法とE l e m e n t-b y-E l e m e n t法を組み合わせて用いたことにより、全体剛性マトリクスを組み立てることなく解が求められるので、必要とするメモリ容量が少なくて済む。

【0010】

(3) 均質化法では、1要素に対して6個の設計変数（3次元の場合）が必要になる。更に設計変数が変化するたびに要素剛性マトリクスを再計算しなければならない。一方、構造部材の存在率を密度比で表現する密度法を採用することによって、1要素に対して1つの設計変数でよい。また設計変数の変化が要素剛性マトリクスに影響を与えない。

〔文献1〕 S. Bulman, J. Sienz, E. Hinton: "Comparisons between algorithms for structural topology optimization using a series of benchmark studies", Computers and Structures, 79, pp. 1203-1218 (2001).

〔文献2〕 Y-L. Hsu, M-S. Hsu, C-T. Chen: "Interpreting results from topology optimi

z a t i o n u s i n g d e n s i t y c o n t o u r s", C o m p u t e r s a n d S t r u c t u r e s, 79, p p. 1049-1058 (2001).

〔文献3〕特開2001-134628号公報

〔文献4〕山川宏：“最適化デザイン”，計算力学とCAEシリーズ9，培風館（1996）

〔文献5〕藤井，鈴木，大坪：“ボクセル有限要素法を用いた構造物の位相最適化”，Transactions of JSCEs, Paper No. 2000010 (2000).

【0011】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、従来技術には以下に述べるような課題があった。

【0012】

〔文献5〕の結果の図に見られるように、総歪エネルギーに寄与しない構造要素領域、即ち浮島領域や突起領域が残っている。最終的にはこれらの構造要素領域は除去されるべきものであるが、その方法については開示されていない。

【0013】

例えば図4において、要素512、513、514には荷重が加えられていない、かつ支持もされていない場合には、これら要素は強度上、何の寄与もしていないことになる。即ち総歪エネルギーに寄与しない要素ということになり、構造部材の総重量をなるべく少なくしたいという設計要求から言えば除去すべきである。しかし、単純な幾何学的情報、即ち、特性関数の連結性のみに基づく手法を用いる限り、これらの要素を見出すことは困難である。

【0014】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明によれば、最適設計方法において、設計変数ベクトルをパラメタとして状態変数ベクトルに対する第1の評価関数の最適化問題を解く第1の求解工程と、前記第1の求解工程で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトルとに対する第2の評価関数の最適化問題を解く第2

の求解工程と、前記設計変数ベクトルより、前記第2の評価関数に寄与しない構造要素に対応する成分を消去する消去工程とを備える。

【0015】

【発明の実施の形態】

以下の説明のために対象とする問題の定式化を行う。

【0016】

有限要素法による定式化により変関数は有限次元ベクトルで表現されるものとすると、変関数の評価汎関数は、変数ベクトルの評価関数となる。以下、有限次元ベクトルで表現されているとして記述する。

【0017】

状態変数ベクトル x 、設計変数ベクトル f をそれぞれ列ベクトルとして以下のように書く：

$$(式1) \quad x = (x(1), x(2), \dots, x(m))^T$$

$$(式2) \quad f = (f(1), f(2), \dots, f(n))^T$$

ここで T は転置を表す。 x は m 次元ベクトル、 f は n 次元ベクトルである。

【0018】

x および f の境界条件をそれぞれ B_1 、 B_2 とする：

$$(式3) \quad B_1(x) = 0$$

$$(式4) \quad B_2(f) = 0$$

状態変数ベクトル x および設計変数ベクトル f に関する評価関数を、それぞれ L_1 、 L_2 とする：

$$(式5) \quad L_1 = L_1(x; f)$$

$$(式6) \quad L_2 = L_2(f, x)$$

L_1 は x を変数ベクトル、 f をパラメタとする関数、 L_2 は x および f を変数ベクトルとする関数である。

【0019】

一般の最適化問題では、 K_1 個の等式拘束条件と K_2 個の不等式拘束条件とが課せられることが多い。そこで、設計変数に関する j 番目の等式拘束条件および k 番目の不等式拘束条件を、それぞれ Q_j 、 R_k とする：

$$(式7) Q_j (f, x) = 0$$

$$(式8) R_k (f, x) \geq 0$$

以上の表記より最適設計問題は、拘束条件（式4）、（式5）、（式6）、（式7）、および（式8）の下で、次式を満足する解として与えられる：

$$(式9) \min [L_2]$$

ただし、状態変数 x は拘束条件（式3）の下で次式を満足する解として得られる：

$$(式10) \min [L_1]$$

上記定式化に基づき、本実施形態の処理を説明する。

【0020】

図1には、実行時の流れ図が示されている。図中、ステップS101は、シミュレーション対象となる系の諸元を読み込む処理である。諸元の読み込みは、入力装置203或いは通信装置206からの入力データで行っても良いし、予め2次記憶装置205にファイルとして格納しておいたデータを読み出して利用することもできる。系の諸元には x 、 f の初期値、境界条件 B_1 、 B_2 、 評価関数 L_1 、 L_2 、 拘束条件 Q_j 、 R_k が含まれている。プログラムは、この情報によって、必要な変数領域を1次記憶装置204に確保し、値を設定する。

【0021】

ステップS102では、（式4）乃至（式9）で定式化された不等式拘束条件付最適化問題の求解工程を実施する。該求解工程には、以下に示すように、幾つかの方法が提供されている：

- (1) 逐次線形計画法
- (2) 実行可能方向法
- (3) 傾斜投影法
- (4) 一般縮約傾斜法
- (5) 最適基準法

以下、ステップS103から108が不要要素除去工程である。

【0022】

まずステップS103では、要素 s を1に初期化する。

【0023】

ステップS104では $f(s)$ が0かどうかを検査し、そうであればステップS108へ、そうでなければステップS105へ進む。

【0024】

ステップS105では、 $f(s)$ の値を変化させる：

$$(式11) \quad f(s) \leftarrow f(s) + \delta$$

但し δ は、更新した $f(s)$ が0以上1以下の値を取るような、0でない任意の実数である。

【0025】

ステップS106では、 $f(s)$ に関する第2の評価関数の感度 $\partial L_2 / \partial f(s)$ を計算する。感度は次のように導出される：

$$\partial L_2 / \partial f = \partial / \partial f [(1/2) U^T A U]$$

剛性方程式 $AU = b$ より

$$(式12) \quad \partial L_2 / \partial f = \partial / \partial f [(1/2) b^T U] = (1/2) b^T \partial U / \partial f$$

一方、剛性方程式 $AU = b$ の両辺を f で変微分すると、荷重 b は f に依らず一定であるとすれば、

$$(\partial A / \partial f) U + A (\partial U / \partial f) = 0$$

より

$$(式13) \quad \partial U / \partial f = -A^{-1} \partial A / \partial f U$$

(式13) を (式12) に代入し、 $U = A^{-1} b$ の関係式を用いると、

$$(式14) \quad \partial L_2 / \partial f = - (1/2) U^T (\partial A / \partial f) U$$

要素 s の特性関数について書けば

$$(式15) \quad \partial L_2 / \partial f(s) = - (1/2) U_s^T (\partial A_s / \partial f(s))$$

$$U_s$$

ただし、 U_s は要素 s に属するノード上の変位より構成されるベクトル、 A_s は U_s に対応する要素剛性マトリクスである。

【0026】

$\partial A_e / \partial f(e)$ は解析的に解ける場合とそうでない場合がある。解析解が

ある場合は、その計算工程を利用することができる。例えば $A_s = f(s) A_s'$ のときには $\partial L_2 / \partial f(s)$ は次式で与えられる：

$$(式16) \quad \partial L_2 / \partial f(s) = - (1/2) U_s^T A_s' U_s$$

$\partial A / \partial f(s)$ が解析的に解けない場合は、自動微分という技術を利用して計算することが出来る。自動微分技術は〔文献6〕等によって公知である。

〔文献6〕久保田光一、伊理正夫：“アルゴリズムの自動微分と応用”，現代非線形科学シリーズ、コロナ社（1998年）

ここで、(式16)で与えられる感度は、ステップS102で実行された求解工程の結果、全ての要素に対して0或いはそれに近い微小な値になっている。

【0027】

要素sの特性関数値 $f(s)$ が(式11)に従って変化したとき、(式16)の値が変化するかどうかについて説明する。

【0028】

先ず、要素sが歪エネルギーの値に寄与している場合、即ち $(1/2) U_s^T A_s U_s$ が0でない場合には、 $f(s)$ の変化によって A_s が変化し、従って要素sの歪エネルギー $(1/2) U_s^T A_s U_s$ が変化する。これより、構造解析問題の解として得られる U_s が $f(s)$ の変化の前後で異なる値 U_s' を取る。これより(式16)は以下のように、負の値を取ることになる：

$$(式17) \quad \partial L_2 / \partial f'(s) = - (1/2) U_s^T A_s' U_s' \neq - (1/2) U_s^T A_s' U_s = 0$$

一方、要素sが歪エネルギーの値に寄与しない、即ち $(1/2) U_s^T A_s U_s$ が0である場合には、 A_s が正定行列であることから U_s が0となり、 $f(s)$ が変化しても $(1/2) U_s^T A_s U_s$ は変化しない。これより、構造解析問題の解として得られる U_s が $f(s)$ の変化の前後で同じ値を取り、(式16)は0になる。

【0029】

このように、 $f(s)$ の値を変化させたときの感度値の絶対値が0或いは0に近い微小な値かどうかを検査することによって、該構造要素が不要かどうかを判定することができる。

【0030】

ステップS107では、該感度 $\partial L_2 / \partial f(s)$ が0かどうかを検査し、そうであれば $f(s)$ を0に更新する。そうでなければ $f(s)$ を更新しない。

【0031】

ステップS108では s を $s+1$ に更新し、更新した s が n を超えたたら終了し、そうでなければステップS104へ進む。

【0032】

上記方法は、不要要素除去工程を後処理として用いた場合であるが、該第2の求解工程が反復解法の場合には、その反復ループの中で処理しても構わない。この処理について図3を用いて説明する。反復処理として共役勾配法を例に取る。

【0033】

ステップS301では初期化を行う。具体的には、該設計変数ベクトル f を予め与えられた値に設定し、それを f_0 と書く。

【0034】

ステップS302では t を1に設定する。

【0035】

ステップS303では該設計変数ベクトル f に関する該第2の評価関数のグラディエントベクトル g_t の $f = f_0$ における値を計算する：

(式18) $g_t \equiv \partial L_2 / \partial f = (\partial L_2 / \partial f(1), \partial L_2 / \partial f(2), \dots, \partial L_2 / \partial f(n))^T$

ステップS304では、 g_t が等式拘束条件及び不等式拘束条件を満たすように修正する。

【0036】

ステップS305では、次式で計算されるのノルムが予め設定された値を超えるかどうか検査し、超えれば処理を終了し、そうでなければステップS306へ進む：

(式19) $\|g_t\| = (g_t^T g_t)^{1/2}$

ステップS306では次式で定義される β を計算する：

(式20) $\beta = \|g_t\| / \|g_{t-1}\|$

ただし $t = 1$ のときは $\beta = 0$ とする。

【0037】

ステップS307では探索ベクトル p_t を次式で計算する：

$$(式21) \quad p_t = \beta p_t - g_t$$

ステップS308では、 p_t が等式拘束条件及び不等式拘束条件を満たすように修正する。

【0038】

ステップS309では、 p_t に沿ってライン探索を行い、該第2の評価関数を極小にする f を見つけ、それを f_t とする。

【0039】

ステップS310では、 f_t が等式拘束条件及び不等式拘束条件を満たすように修正する。

【0040】

ステップS311では、上記不要要素除去工程を実行する。

【0041】

ステップS312では t を $t + 1$ に更新し、予め設定された値を超えたたら終了、そうでなければステップS303へ進む。

【0042】

尚、ステップS304、ステップS308およびステップS310で実行される処理は、傾斜投影法として【文献4】等に開示されている処理を用いることができる。

【0043】

(実施例)

本実施例は、任意の位置に加重を受ける片持ち梁の最適形状自動設計に上記実施形態を適用するものである。説明を簡単にするために平面歪問題に限定する。

【0044】

図5に示すように、構造部材の存在を可能とする設計領域は長方形であり、有限要素法に従って、該領域を縦 n_y 、横 n_x に等間隔に分割する。分割された部分領域をセルと呼び、左下および右上のセルが $(1, 1)$ 、 (n_y, n_x) とな

るよう番号付けを行う。

【0045】

同様に格子点をノードと呼び、左下および右上のノードが $(1, 1)$ 、 $(n_y + 1, n_x + 1)$ となるように番号付けを行う。

【0046】

セル (j, k) には特性関数値 $f(j, k)$ が対応する。ここで特性関数値とはセル (j, k) における構造部材の存在率を示す 0 から 1 の正の実数値をとる変数であり、本実施例における設計変数ベクトル f の要素である：

$$(式22) \quad f = (f(1, 1), f(1, 2), \dots, f(n_y, n_x))^T$$

同様にノード (j, k) には横方向変位 $u(j, k)$ と縦方向変位 $v(j, k)$ が対応する。これらは任意の値を取る実数であり、本発明における状態変数ベクトル U の要素である：

$$(式23) \quad U = (u(1, 1), v(1, 1), u(1, 2), v(1, 2), \dots, u(n_y + 1, n_x + 1), v(n_y + 1, n_x + 1))^T$$

同様に剛性マトリクスを A 、加重ベクトルを b と書けば、有限要素法の良く知られた結果として、状態変数ベクトル U は、次式で与えられる評価関数の最適化問題の解として与えられる：

$$(式24) \quad L_1 = (1/2) U^T A U - b^T U$$

より具体的には以下の線型方程式の解として与えられることが知られている：

$$(式25) \quad A U = b$$

(式25) の求解法としては、直接解法、反復解法等が提供されている。ただし直接解法を用いる場合は、行列 A がフルランクでなくなる場合があるので、有限要素分割を再構築し直す必要がある。

【0047】

設計変数ベクトル f に対する評価関数 L_2 は総歪エネルギーで定義される：

$$(式26) \quad L_2 = (1/2) U^T A U$$

上記 (式26) を最小化する f を求める問題を構造最適化問題と称する。通常この種の問題には、等式拘束条件として、総重量一定、即ち

【外1】

$$(式27) \sum_{j=1}^{j=ny} \sum_{k=1}^{k=nx} f(j, k) = \text{一定}$$

【0048】

及び、不等式拘束条件として、特性関数值の取り得る値の範囲に対する拘束、即ち

(式28) $0 \leq f(j, k) \leq 1$
が伴う。

【0049】

このような不等式拘束条件付最適化問題は、前述のように、公知の求解法によつて解くことが出来る。

【0050】

次に、本実施例における不要要素除去工程について説明する。

【0051】

特に図1のステップS106で実行される感度の計算は次式を用いて行うこと
が出来る：

$$(式29) \partial L_2 / \partial f(j, k) = - (1/2) U_{j, k}^T A_{j, k} U_{j, k}$$

ただし $U_{j, k}$ 、 $A_{j, k}$ は、それぞれ、要素 (j, k) に属するノード上の
変位を成分として持つ要素変位ベクトル、該要素変位ベクトルに対応する要素剛
性マトリクスである。

【0052】

以下、図1に示した方法によって浮島要素の除去を行うことが出来る。

【0053】

図6には不要要素除去工程を施す前の構造部材形状、図7には不要要素除去工
程を施した後の構造部材形状を示す。図6の浮島領域や突起が、図7では消滅し
ているのが確認できる。これらの例では、感度値の絶対値が正確に0に等しいと
きのみ、不要要素と判定して除去している。不要要素除去工程の計算時間は、P

entium (R) III (933MHz) で40秒程度である。

【0054】

尚、本発明は、単一の機器からなる装置に適用しても、複数の機器から構成されるシステムに適用してもよい。また、上述した実施形態の機能を実現するソフトウェアのプログラムコードを記憶した記憶媒体を、装置あるいはシステムに供給し、装置あるいはシステム内のコンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによって達成してもよい。

【0055】

更に、装置あるいはシステム内のコンピュータが記憶媒体に格納されたプログラムコードを読み出して実行することによって、上述した実施形態の機能を直接実現するばかりでなく、そのプログラムコードの指示に基づいて、コンピュータ上で稼動しているOSなどの処理により、上述の機能を実現される場合も含まれる。

【0056】

これらの場合、そのプログラムコードを記憶した記憶媒体は本発明を構成することになる。

【0057】

以下、上記実施形態に係わる本発明の特徴を整理する。

【0058】

特徴1.

設計変数ベクトルをパラメタとして状態変数ベクトルに対する第1の評価関数の最適化問題を解く第1の求解工程と、

前記第1の求解工程で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトルとに対する第2の評価関数の最適化問題を解く第2の求解工程と、

前記設計変数ベクトルより、前記第2の評価関数に寄与しない構造要素に対応する成分を消去する消去工程とを備えることを特徴とする最適設計方法。

【0059】

特徴2.

前記設計変数ベクトルは、各要素における構造部材の存在率であることを特徴

とする特徴 1 に記載の最適設計方法。

【0060】

特徴 3.

前記消去工程では、前記設計変数ベクトルの各成分の値を増減させたとき、当該設計変数ベクトルに関する前記第 2 の評価関数の感度の絶対値が予め設定された値より小さくなる成分を消去することを特徴とする特徴 1 に記載の最適設計方法。

【0061】

特徴 4.

前記消去工程は、前記第 2 の求解工程で計算される感度ベクトルが 0 である成分に対応する要素であって、かつ構造要素の存在率が 0 でない要素に対して行われることを特徴とする特徴 1 に記載の最適設計方法。

【0062】

特徴 5.

前記消去工程は、前記第 2 の求解工程の反復処理の所定回に 1 回行われることを特徴とする特徴 1 に記載の最適設計方法。

【0063】

特徴 6.

設計変数ベクトルをパラメタとして状態変数ベクトルに対する第 1 の評価関数の最適化問題を解く第 1 の求解手段と、

前記第 1 の求解手段で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトルとに対する第 2 の評価関数の最適化問題を解く第 2 の求解手段と、

前記設計変数ベクトルより、前記第 2 の評価関数に寄与しない構造要素に対応する成分を消去する消去手段とを備えることを特徴とする最適設計装置。

【0064】

特徴 7.

設計変数ベクトルをパラメタとして状態変数ベクトルに対する第 1 の評価関数の最適化問題を解く第 1 の求解工程と、

前記第 1 の求解工程で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトル

とに対する第2の評価関数の最適化問題を解く第2の求解工程と、
前記設計変数ベクトルより、前記第2の評価関数に寄与しない構造要素に対応
する成分を消去する消去工程とを備えることを特徴とする最適設計プログラム。

【0065】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、評価関数値を最適化させる変数を求める際に、評価関数に寄与しない構造要素に対応する成分を消去することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

実施形態における全体処理手順を示すフローチャートである。

【図2】

本実施形態に係る装置のブロック構成図である。

【図3】

他の実施形態における全体処理手順を示すフローチャートである。

【図4】

不要要素の説明図である。

【図5】

実施例の問題設定の説明図である。

【図6】

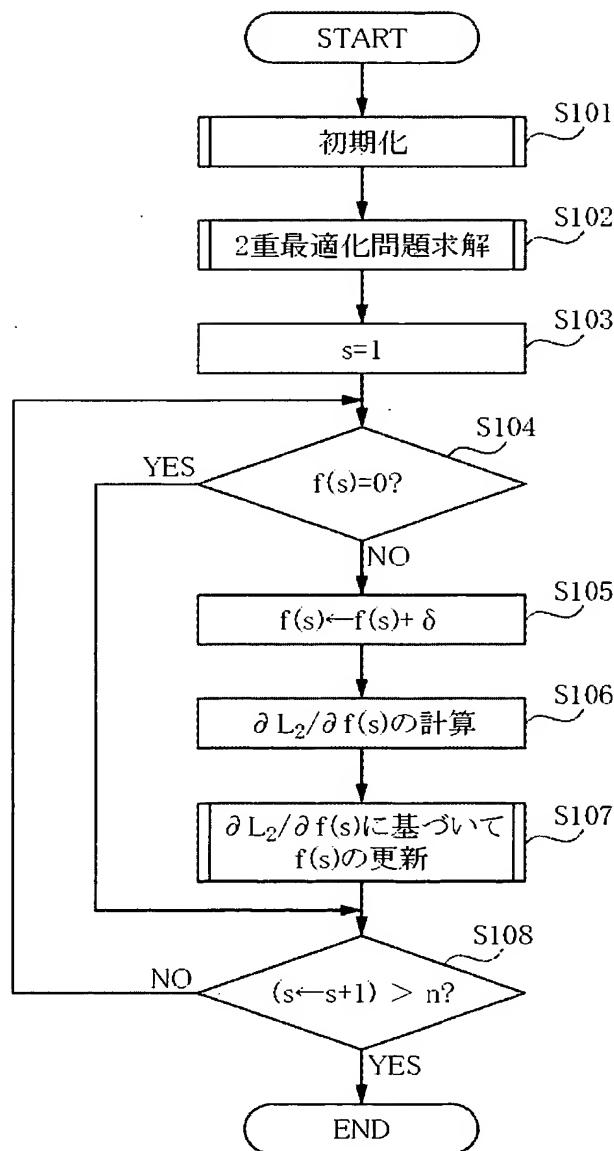
不要要素除去前の計算結果を示す図である。

【図7】

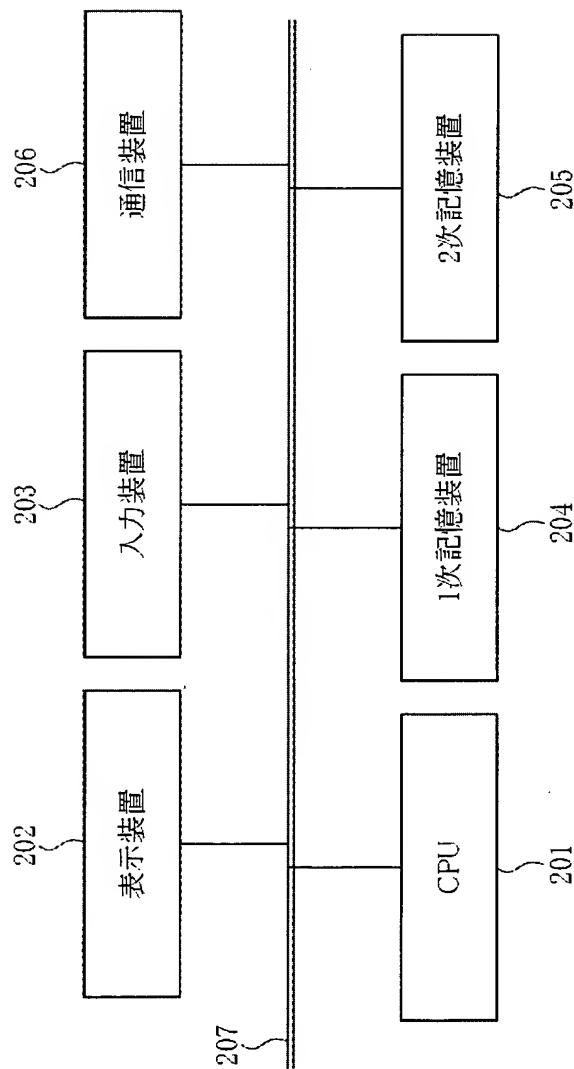
不要要素除去後の計算結果を示す図である。

【書類名】 図面

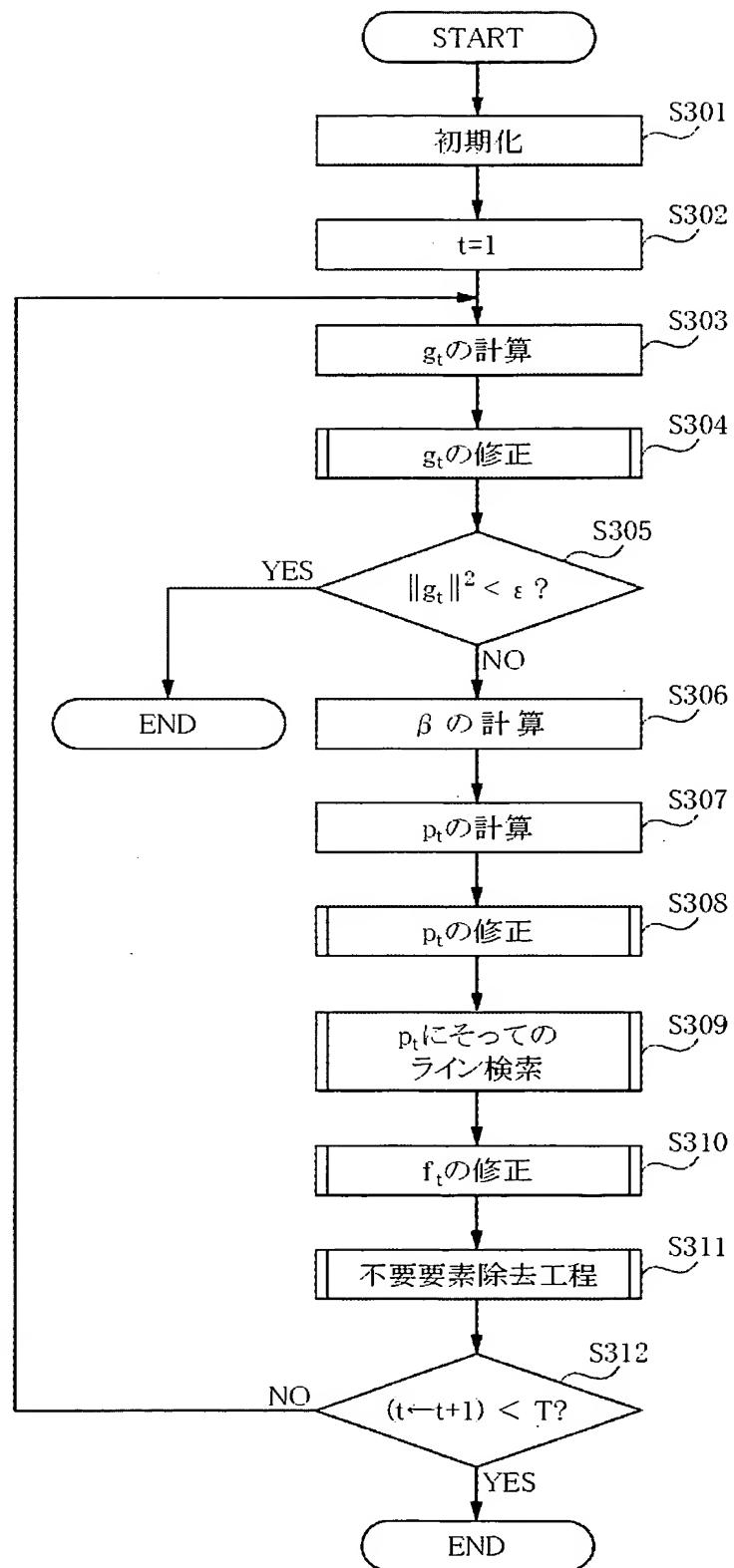
【図1】



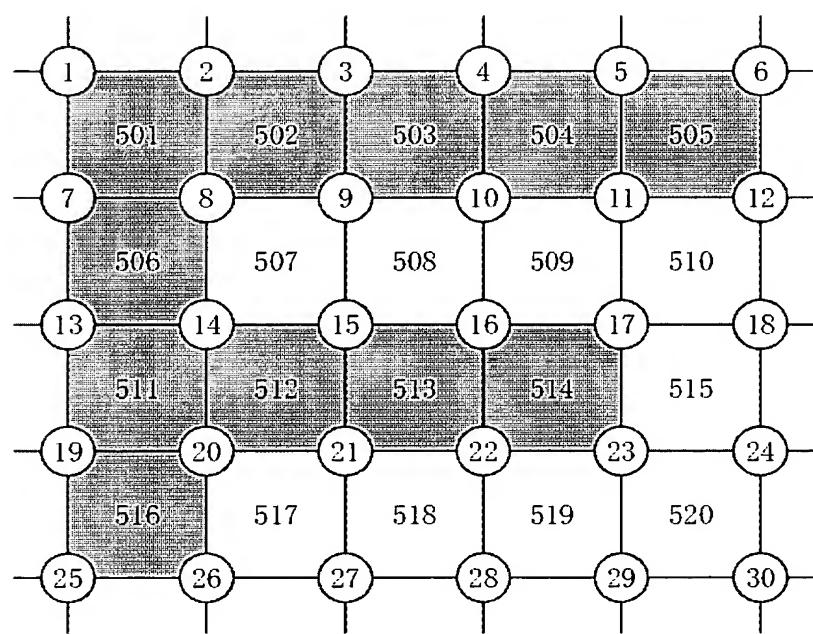
【図2】



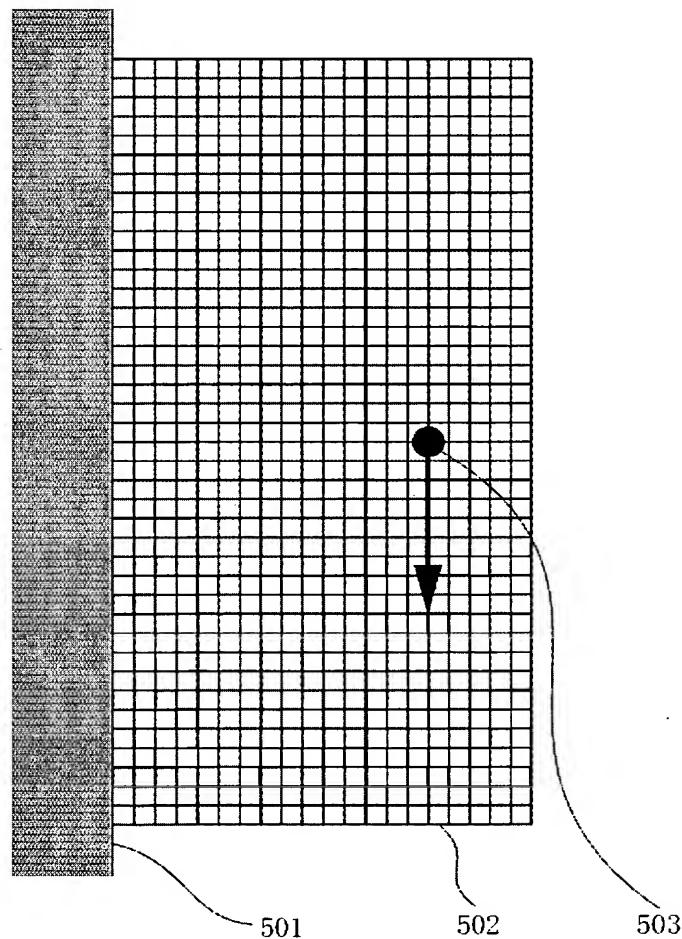
【図3】



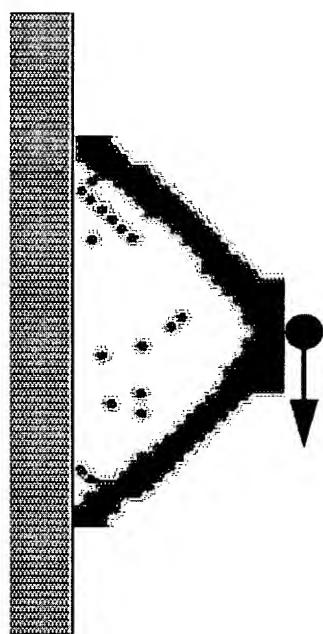
【図 4】



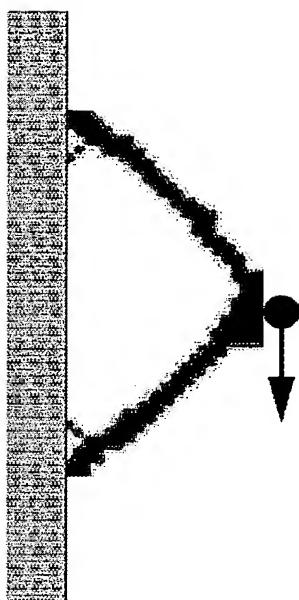
【図5】



【図6】



【図7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 評価関数に寄与しない構造要素を除去する。

【解決手段】 設計変数ベクトル f をパラメタとして状態変数ベクトル x に対する第1の評価関数の最適化問題を解く第1の求解工程と、前記第1の求解工程で求められた状態変数ベクトルと、前記設計変数ベクトルとに対する第2の評価関数 L_2 の最適化問題を解く第2の求解工程（S102）とを備える最適設計方法において、設計変数ベクトル f より、第2の評価関数 L_2 に寄与しない構造要素 s に対応する成分 $f(s)$ を消去する消去工程（S103～108）を設ける。

【選択図】 図1

特願 2002-363916

出願人履歴情報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日 1990年 8月30日

[変更理由] 新規登録

住所 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏名 キヤノン株式会社